

# La Ergonomía en el Sector de la Construcción: El Método EC2

## ERGONOMICS IN THE CONSTRUCTION SECTOR: THE EC2 METHOD

Eduardo Cerda<sup>1</sup>, Aquiles C. Hernández Soto<sup>2</sup>, Pedro R. Mondelo<sup>3</sup>, Enrique Álvarez Casado<sup>4</sup>, Carolina Rodríguez<sup>5</sup>

1. Kinesiólogo, Máster de Ergonomía, Doctor (c) UPC. Laboratorio de Ergonomía, Facultad de Medicina, Universidad de Chile Santiago, CH.

Centre Específic de recerca per a la millora i Innovació de les Empreses (CERpIE-UPC), Barcelona, ES.

2. Bioingeniero / Kinesiólogo, Máster de Ergonomía, Director Académica del Máster de Ergonomía. Centre Específic de Recerca per a la millora i Innovació de les Empreses (CERpIE-UPC), Barcelona, ES.

3. Doctor Ingeniero Industrial, Doctor en Psicología. Centre Específic de Recerca per a la millora i Innovació de les Empreses (CERpIE-UPC), Barcelona, ES.

4. Ingeniero Industrial, Máster de Ergonomía, Máster de PRL. Centre Específic de Recerca per a la millora i Innovació de les Empreses (CERpIE-UPC), Barcelona, ES.

5. Kinesiólogo Licenciado, Máster de Ergonomía, Doctor (c) UPC. Laboratorio de Ergonomía, Facultad de Medicina, Universidad de Chile, Santiago, CH.

### RESUMEN

Este artículo presenta el método EC2, el cual ha sido diseñado para evaluar el riesgo de trastornos lumbares durante tareas de manipulación manual de materiales realizada en el sector de la construcción. El método EC2 recurre a estándares existentes, métodos para evaluar riesgos de desórdenes lumbares y métodos para optimizar procesos productivos. Propone una ecuación para calcular el índice de riesgo basado en criterios fisiológicos, biomecánicos, psicofísicos y organizacionales. Elementos tales como el acoplamiento mano-a-objeto, las posturas de manipulación, el esfuerzo percibido y el nivel de dificultad de la manipulación tienen que ser introducidos en la ecuación, así como el perímetro de trabajo, un elemento clave del método EC2. Además, el método ofrece una orientación sistemática a fin de que pueda ser utilizada de manera óptima en una situación de trabajo. Presenta a sus usuarios una tabla de clasificación de procesos constructivos, un árbol de decisiones y una lista de verificación de evaluación de riesgo preliminar, entre otras. El método EC2, el cual ayuda significativamente al ergonomista a realizar su misión de evaluación y rediseño, está actualmente en proceso de validación.

(Cerda E, Hernández A, Mondelo P, Álvarez E, Rodríguez C. 2009. La Ergonomía en el Sector de la Construcción: El Método EC2. Cienc Trab. Oct-Dic; 11 (34): 188-192).

Descriptores: ENFERMEDADES MÚSCULO-ESQUELÉTICAS, DOLOR DE LA REGIÓN LUMBAR, SOPORTE DE PESO, FACTORES DE RIESGO, EVALUACIÓN, TRABAJADORES, INGENIERÍA HUMANA, INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN.

### ABSTRACT

The proposed paper presents the EC2 method, which has been designed to assess the risk of lower back disorders during manual material handling tasks fulfilled in the construction sector. The EC2 method draws on existing standards, methods for assessing lower back disorders risks, and methods for optimizing productive processes. It proposes an equation to calculate the risk index based on physiological, biomechanical, psychophysical and organizational criteria. Elements such as the hand-to-object coupling, the handling postures, the perceived effort and the handling difficulty level have to be introduced into the equation, as well as the working perimeter -a key element of the EC2 method. Moreover, the method offers systematic guidance in order that it could be optimally used in a work situation: it presents to its user a classification table of constructive processes, a decision tree and a preliminary risk assessment checklist, among others. The EC2 method, which significantly helps the ergonomist to carry out his or her assessment and redesign missions, is currently under validation.

Descriptors: MUSCULOSKELETAL DISEASES, LOW BACK PAIN; WEIGHT-BEARING; RISK FACTORS; EVALUATION, HUMAN INGENIERING; WORKERS; CONSTRUCTION INDUSTRY.

### INTRODUCCIÓN

La evaluación de riesgo de lesiones dorso-lumbares en tareas con manipulación manual de cargas en el sector de la construcción es compleja y de difícil ejecución; entre las causas que ocasionan

esta dificultad se encuentran las características de los procesos productivos y las de sus tareas, que poseen ciclos de tarea no cíclicos, largos e indefinidos, y sometidos a influencia de múltiples variables (Buchholz et al. 1996; Bust et al. 2005).

Con la finalidad de elaborar un método de evaluación de riesgo adecuado para evaluar las tareas con manipulación manual de carga en este sector, la Universitat Politècnica de Catalunya (CERpIE) propone el Método EC2. En la actualidad, en el Laboratorio de Ergonomía de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile las variables propuestas se encuentran bajo estudio. Este artículo pretende divulgar el método, de manera de presentar los criterios que se añaden a las metodologías que le han dado estructura, como son la norma UNE 1005-2 y la Ecuación de NIOSH, haciendo hincapié en este artículo en las propuestas desarrolladas, entre las que podemos citar: la clasificación de los procesos productivos, diagrama de decisión, check-

Correspondencia / Correspondence

Eduardo Cerda

Centre Específic de Recerca per a la millora i Innovació de les Empreses (CERpIE), Barcelona, España.

Edificio ETSEIB, Planta 10. Av. Diagonal, 647. 08028. Barcelona, España.

Tel.: (34 93) 401 17 58

e-mail: encerda@med.uchile.cl

Recibido: 23 de octubre de 2009 / Aceptado 12 de noviembre de 2009.

list diagnóstico, y en los nuevos factores de evaluación: factor de agarre, factor de técnica de manipulación, factor de postura de manipulación, factor de esfuerzo y factor de dificultad de manipulación en el proceso productivo. Para los factores relativos a las metodologías estructurales que componen este método nos remitiremos sólo a citar las referencias correspondientes (AENOR 2004; Buchholz et al. 1996; Waters et al. 1994).

## MÉTODO

### Método Ergocarga Construcción - EC2

El propósito de este método es plantear una evaluación racionalizada que permita: discriminar tareas críticas del proceso productivo; seleccionar adecuadamente los métodos de evaluación en relación a las características de las tareas en estudio; evaluar preliminarmente el riesgo para tareas seleccionadas con la finalidad de regular el proceso de evaluación; y, por último, evaluar de manera específica las tareas seleccionadas mediante las ecuaciones propuestas para el cálculo del riesgo, basado en criterios fisiológicos, biomecánicos, psicofísicos y organizativos.

El Método EC2 pretende utilizar la estructura de métodos existentes para la evaluación del riesgo para este tipo de tareas, y se restringe a proponer nuevos factores de riesgo de importancia, de manera conceptual, que debieran ser considerados en el estudio de estas tareas en el sector de la construcción; ellos son: tipo de agarre, posturas de manipulación, técnicas de manipulación, esfuerzo percibido y dificultad de manipulación durante la tarea.

### 2.1 Etapas Método EC2

El Método EC2 está compuesto por 7 etapas que permiten realizar una evaluación racionalizada de las tareas seleccionadas, aplicando una evaluación de general a específico. Estas etapas son: clasificar proceso productivo, aplicar diagrama de decisiones, aplicar check list diagnóstico, analizar factores de riesgo, obtener factores multiplicativos, calcular límite de peso recomendado y cálculo del índice de riesgo.

#### 2.1.1. Clasificación sistemática proceso constructivo

Pretende describir el proceso constructivo clasificándolo en: fase, operaciones, oficios, tareas, actividades, con la finalidad de facilitar el enfoque de la evaluación del ergónomo en campo y ayudar al profesional a detectar las tareas críticas presentes en el proceso productivo (Buchholz et al. 1996; Forde y Buchholz 2004).

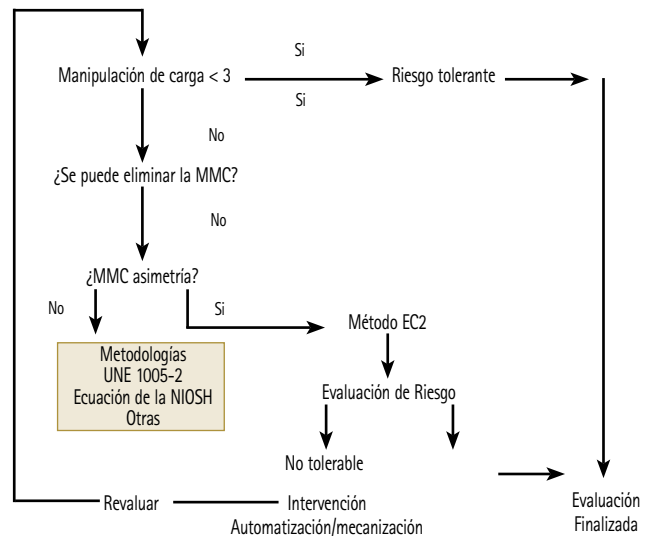
#### 2.1.2. Diagrama de decisiones

Este diagrama pretende analizar la presencia de manipulación manual de carga, detectar la posibilidad de eliminarla en la tarea estudiada, analizar el tipo de manipulación manual de carga que se realiza, definir método a ser utilizado en la evaluación y reevaluar intervenciones (DeJoy 1990; España. Ministerio de Trabajo e Inmigración. INSHT. 1997) (Ver Fig. 1).

#### 2.1.3. Check list diagnóstico

Este se aplica sólo y sólo si se detecta "Manipulación Manual Asimétrica de Cargas". El objetivo de éste es extender una estrategia de evaluación racionalizada. Si al aplicarlo no se satisface uno o más criterios, solamente en este caso se debe continuar con la siguiente etapa del Método EC2 (AENOR 2004; España. Ministerio de Trabajo e Inmigración. INSHT 1997) (Ver Tabla 1).

**Figura 1.**  
Diagrama de decisiones Método EC2.



**Tabla 1.**  
Check list diagnóstico.

<p><b>Se debe considerar la masa de referencia a</b>  <b>Marque con una x las que resulten satisfechas</b></p> <p><input type="checkbox"/> Empleo de las dos manos exclusivamente.</p> <p><input type="checkbox"/> Manejo por una persona exclusivamente.</p> <p><input type="checkbox"/> Elevación continuada y fácil.</p> <p><input type="checkbox"/> Buen acoplamiento entre las manos y el objeto a manejar.</p> <p><input type="checkbox"/> A parte de la elevación, las otras de manejo manual son mínimas.</p> <p><input type="checkbox"/> Los objetos a manejar no están fríos, calientes o contaminados.</p> <p><input type="checkbox"/> Entorno con ambiente moderado.</p>
<p><b>Masa Crítica</b></p> <p><input type="checkbox"/> La carga manejada no supera el 70% de la masa de referencia.</p> <p><input type="checkbox"/> El desplazamiento vertical de la carga es igual o menor a 25 cm y se realiza en el espacio comprendido entre las caderas y los hombros.</p> <p><input type="checkbox"/> El tronco permanece erguido y no girado.</p> <p><input type="checkbox"/> La carga se mantiene próxima al cuerpo.</p> <p><input type="checkbox"/> La frecuencia de elevación es menor a 1 elevación cada 5 minutos.</p>
<p><b>a. La masa de referencia dice relación con el peso de referencia que se utilizará en la evaluación de la tarea (AENOR 2004).</b></p>

#### 2.1.4. Análisis de factores de riesgo

Los factores se agrupan en tres grupos: factores biomecánicos y fisiológicos, factores psicofísicos y factores organizativos para la evaluación de éstos. El ergónomo debe obtener una muestra apropiada de la tarea y datos de importancia relativos a tiempos, métodos y características fundamentales de la tarea. Los factores de riesgo biomecánicos y fisiológicos son evaluados por una parte mediante los criterios expuestos en la Ecuación de NIOSH; estos factores biomecánicos están representados en la ecuación propuesta a través de los siguientes parámetros: Distancia horizontal; Distancia vertical, Ángulo de asimetría, Desplazamiento vertical, Frecuencia de manipulación (Waters et al. 1994). Los otros factores biomecánicos y fisiológicos contemplados en esta metodología y considerados en la ecuación han sido

propuestos para considerar la evaluación de la carga biomecánica que se ejerce en la columna lumbar en manipulaciones manuales asimétricas durante la tarea. En la ecuación propuesta se representan a través de los siguientes parámetros: Agarre, se define como la interacción entre el segmento mano (dedos-mano) y material manipulado (ver apéndice A) (Cerda et al. 2005); Postura de manipulación, es la postura de tronco adoptada por el trabajador en relación a la posición neutra de éste, durante las actividades de una tarea, cuando se realice la manipulación en perímetro mayor a dos metros en relación al puesto de trabajo (Ferguson y Marras 1997) (ver apéndice B); Técnica de manipulación, se define como la disposición de los segmentos brazo-antebrazo-mano en relación a la carga manipulada cuando se realice la manipulación en perímetro mayor a dos metros en relación al puesto de trabajo (Pan y Chiou 1999) (ver apéndice C).

Para evaluar los factores psicofísicos contemplados en este método se utiliza el criterio de percepción del esfuerzo físico; éste se evalúa mediante la escala de Borg. Con este criterio de evaluación se pretende determinar el nivel de carga fisiológica y biomecánica reflejado en la percepción del esfuerzo de un individuo en relación a un segmento determinado del cuerpo, zona lumbar, durante la manipulación manual de cargas (Dedering et al. 1999) (ver apéndice D). Para evaluar los factores de riesgo organizacionales, se evalúa la dificultad de manipulación que está determinada por los siguientes parámetros: condiciones del entorno, distancia de transporte, elementos auxiliares (ver apéndice E). La finalidad de incorporar estos factores para el cálculo del riesgo en este tipo de tareas es considerando la importancia de éstos en relación a las lesiones dorso-lumbares (Ferguson y Marras 1997).

2.2. Definiciones Método EC2

En la Tabla siguiente se definen los términos utilizados en el Método EC2; éstos se integran a las innovaciones propuestas en la evaluación de riesgo de lesiones dorsolumbares (ver Tabla 2).

2.3. Ecuaciones

Para el cálculo del riesgo de lesiones dorso-lumbares relativas a manipulaciones manuales de carga se proponen en el Método EC2 las siguientes ecuaciones (ver ecuación 1 y 2):

$$Lpr = Lc (Hm Vm Dm Am Fm) (Cm) (Ft Pm) (Fe) (Fd) (1)$$

Donde:  
LPR: Límite de peso recomendado; Lc: Constante de carga; Hm: Factor de distancia horizontal; Vm: Factor de distancia vertical; Dm: Factor de desplazamiento vertical; Am: Factor de asimetría; Fm: Factor de frecuencia; Cm: Factor de agarre; Ft: Factor de técnica de manipulación; Pm: Factor de postura de manipulación; Fe: Factor de esfuerzo; Fd: Factor de dificultad de manipulación.

$$R = MR / LPR (2)$$

Donde:  
R= Índice de Riesgo  
LPR= Límite de peso recomendado MR= masa real  
Basado en la estructura de la ecuación de NIOSH, se añade a la ecuación 1 cuatro factores de riesgo y un factor modificado, siendo éste el factor de agarre. Con estas ecuaciones se pretende evaluar el límite de peso recomendado y el índice de riesgo en tareas con manipulaciones manuales de cargas, considerando los factores de riesgo tanto en el origen, destino, como en el perímetro mayor a dos metros en relación al puesto de trabajo, según cada caso estudiado (ver Tabla 3)

Tabla 2.  
Definiciones Método EC2.

Término	
Fase Operación	Se define como etapa de la obra o construcción. Proceso constructivo supervisado por él y desarrollado por un grupo de trabajadores.
Oficios	Ocupaciones definidas que desarrollan las tareas que incluye la operación.
Tareas	Conjunto de actividades desarrolladas por un trabajador o un grupo de trabajadores para llegar a un objetivo.
Actividades	Actos fundamentales para cumplir una tarea.
Perímetro de trabajo	Volumen asignado a una o varias personas, en el sistema de trabajo, para realizar la tarea.
Manipulación manual asimétrica de carga	Son las manipulaciones manuales de cargas que se realizan en perímetros mayores a dos metros en relación al puesto de trabajo, que presenten condiciones variables entre el origen y destino de postura de manipulación, técnica de manipulación, agarre y de dificultad de manipulación.
Técnica de manipulación	Disposición segmentos brazo-antebrazo-mano en relación a la carga manipulada en las actividades de una tarea, cuando se realice la manipulación en perímetros mayores a dos metros en relación al puesto de trabajo.
Esfuerzo percibido	Es la percepción del esfuerzo físico por parte de una persona.
Dificultad de manipulación	Dado por distancias, condiciones de suelo y ayudas técnicas disponibles para realizar la tarea.
Postura de manipulación	Distanciamiento de la posición neutra de tronco en las actividades de una tarea, cuando se realice la manipulación en perímetros mayores a dos metros en relación al puesto.

Tabla 3.  
Índice de riesgo Método EC2.

Índice de Clasificación Riesgo	
≤ 1	Riesgo limitado o aceptable
1<I<3	Incremento moderado del riesgo
≥3	Incremento acusado del riesgo

El concepto propuesto de Agarre en pinza, dígito-palmares y palmares permiten adecuar el estudio de éstos a los tipos de agarre que realmente se presentan en este sector productivo (AENOR 2004; Cerda et al. 2005; Morose et al. 2004) (Ver Fig. 2). Por otra parte, los conceptos de técnica de manipulación y la postura de manipulación pretenden considerar la asimetría de la manipulación manual durante la tarea, por consiguiente, la carga biomecánica que se ejerce en la columna lumbar durante ésta (ver Figura. 3). El comportamiento del disco intervertebral está determinado, según la naturaleza de la fuerza aplicada sobre la unidad funcional que la constituye (vértebra-disco-vértebra) (AENOR 2004; CEN 2002; Pan y Chiou 1999; Yoon y Smith 1999). A su vez el concepto de Esfuerzo Percibido permite obtener información relativa a la carga fisiológica y biomecánica, del segmento lumbar en tareas con manipulación manual de carga. La correlación entre la Escala de Borg y Actividad Eléctrica Muscular permite considerar esta técnica de evaluación como una herramienta factible de aplicar en campo (Colombini et al. 2004; Dedering et al. 1999). Por último, el concepto de dificultad de manipulación pretende evaluar las características del medio de trabajo que pueden aumentar el riesgo, en particular dorso-lumbar. (España. Ministerio de Trabajo e Inmigración. INSHT 1997; van Dieën et al. 2004).



## DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

El Método EC2 pretende ajustarse a las características de las tareas con manipulación manual de cargas en la construcción, evaluando factores biomecánicos, psicofísicos y organizacionales que desde el punto de vista de la Ergonomía son primordiales en la evaluación de riesgo en este tipo de tareas. Cabe enfatizar que el Método EC2 considera la asimetría de las manipulaciones manuales de cargas y múltiples variables que inciden sobre estas tareas. La propuesta pretende ser una herramienta útil para la evaluación de riesgo de lesiones dorsolumbares en las tareas con manipulación manual de cargas en la construcción.

Esta metodología se encuentra en la actualidad en proceso de estudio y validación de los factores y modelo de evaluación propuesto; dicho trabajo se está desarrollando en el Laboratorio de Ergonomía de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile. Es importante adecuar la ponderación y pesos específicos de los nuevos factores propuestos para la ecuación, para que éstos

reflejen la severidad de su influencia a los resultados del riesgo esperado. La aplicación del nuevo método requiere una breve instrucción del especialista o técnico en el uso y reconocimiento de los nuevos factores propuestos.

### Agradecimientos

Agradecimientos al equipo de investigación del CERpIE y al Servei Gaudi de Prevenció y empresas asociadas por su valiosa colaboración en esta investigación.

### Appendix A. Agarre.

Agarre (Factor)	Descripción
Bueno	(1) Longitud de carga < 40 cm y altura < 30 cm, buenas ranuras, fácil manejo de objetos con asas protegidas, sin exceso de desviación de muñeca.*
Aceptable	(.95) Longitud de carga < 40 cm y altura < 30 cm, asas o ranuras de cogida con flexión de dedos en 90° o prensión palmar/digito palmar. Manejo de objetos con flexión de 90° de dedos. Sin excesiva desviación de muñecas.*
Regular	(.9) Longitud de carga > 40 cm, altura de carga > a 30 cm, manejo difícil de materiales de centro de gravedad asimétrico o contenido inestable o difícil de agarrar, uso de guantes.
Malo	(.8) Longitud de carga > 40 cm, altura de carga > a 30 cm, manejo difícil de partes sueltas u objetos firmes de centro de gravedad asimétrico o contenido inestable o difícil de agarrar, uso de guantes. Prensión digital, pinza con 2 o + dedos.**

\* Si el material cumple con el tamaño adecuado; sin embargo, si realizan prensiones digitales se clasifica como agarre malo.

\*\* Se define prensión palmar aquella donde intervienen los dedos y la palma de la mano. Dentro de esta clasificación se tienen las prensiones digito-palmares y prensiones palmares. Se define como prensión digital aquella donde intervienen los dedos.

### Appendix B.

Postura	Descripción (factor)
A (1)	Espalda derecha
B (.93)	Inclinada hacia delante o hacia atrás **
C (.87)	Rotada o inclinada hacia los lados **
D (.78)	Inclinada y rotada o inclinada hacia delante y hacia los lados

\* Este factor de asimetría se ponderará en relación a la postura de mayor tiempo de presentación y se deberá dejar constancia de la peor postura realizada en la tarea, cuando la manipulación se realice fuera en un perímetro > a dos metros.

### Appendix C. Técnica de manipulación.

Técnica (Factor)	Descripción
A (.46)	Técnica de manipulación con ambas manos asimétricas diferentes alturas
B (.6)	Técnica de manipulación con una mano
C (.9)	Técnica de manipulación con ambas manos simétricas sobre hombros
D (.97)	Técnica de manipulación con ambas manos bajo cadera
E (1)	Técnica de manipulación con ambas manos a nivel de tronco

### Appendix D. Esfuerzo percibido.

Escala De Borg	(0 - 1)	(2 - 4)	(5 - 6)	(7 - 10)
Factor	(1)	(.9)	(.7)	(0)

### Appendix E. Dificultad de manipulación.

Condiciones entorno	
Suelo estable e irregular	1
Suelo estable e irregular	2
Suelo inestable regular y/o irregular	3
Suelo en altura estable regular y/o irregular	4
Suelo en altura inestable regular y/o irregular	5
Distancia de Transporte	
Transporte < 2 metros	1
2 metros < transporte < 4 metros	2
Transporte > 4 metros	3
Elementos auxiliares	
Transporte de material en carretilla	1
Transporte con poco peso	2
Transporte de material pesado en grúa	3
Transporte de material pesado con carretilla	4
Transporte de material pesado sin ayudas técnicas	10
D= Clas.1 x Clas.2 x Clas. 3=	
1 < D < 20 = A	Factor (1)
21 < D < 60 = B	(.95)
61 < D < 150 = C	(.87)

## REFERENCIAS

- Asociación Española de Normalización y Certificación-AENOR. 2004. UNE-EN 1005-2:2004. Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 2: Manejo de máquinas y de sus partes componentes. Madrid: AENOR.
- Buchholz B, Paquet V, Punnet L, Lee D, Moir S. 1996. A work sampling-based approach to ergonomic job analysis for construction and other non-repetitive work. *Appl Ergon*. 27(3): p. 177-187.
- Bust PD, Gibb AG, Haslam RA. 2005. Manual handling of highway kerbs--focus group findings. *Appl Ergon*. 36(4): 417-425.
- Comité Europeo de Normalización-CEN. 2002. EN 1005: 4. Safety of machinery-Human physical performance-Part 4 Evaluation of working postures and movements in relation to machinery. 2002.
- Cerda E, Mondelo P, Hernández H. 2005. Ergonomía en la Construcción: Descripción cualitativa de las tareas con manipulación manual de carga en la construcción", in ORP Santiago de Chile 2005. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Comité Europeo de Normalización-CEN. 2002. EN 1005: 4. Safety of machinery-Human physical performance-Part 4 Evaluation of working postures and movements in relation to machinery. 2002.
- Colombini D, Occhipinti E, Grieco A. 2004. Evaluación y gestión del riesgo por movimientos repetitivos de las extremidades superiores. 1a ed. Barcelona: Mutual Cyclops.
- Dedering A, Németh G, Harms-Ringdahl K. 1999. Correlation between electromyographic spectral changes and subjective assessment of lumbar muscle fatigue in subjects without pain from the lower back. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 14(2): 103-11.
- DeJoy DM. 1990. Toward a comprehensive human factor model of workplace accident causation. *Profl Saf*. 5(35): 11-16.
- España. Ministerio de Trabajo e Inmigración. Instituto Nacional de Salud e Higiene en el Trabajo. 1997. REAL DECRETO 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores. BOE nº 97 23/04/1997.
- Ferguson SA, Marras WS. 1997. A literature review of low back disorder surveillance measures and risk factors. *Clin Biomech*. 12(4): 211-226.
- Forde MS, Buchholz B. 2004. Task content and physical ergonomic risk factors in construction ironwork. *Int J Ind Ergon*. 34(4): 319-333.
- Morose T, Greig M, Wells R. 2004. Utility of using a force and moment wrench to describe hand demand. *Occup Ergon*. 4(1): 1-10.
- Pan C, Chiou S. 1999. Analysis of biomechanical stresses during drywall lifting. *Int J Ind Ergon*. 23: 505-511.
- Van Dieën JH, Faber G, Kingma I, Hoozemans MJM, van der Molen HF, Kuijter PPFM. 2004. Efficacy of adjusting working height and mechanizing of transport on physical work demands and local discomfort in construction work. *Ergonomics*. 47(7): 772-783.
- Waters T, Putz-Anderson V, Garg A. 1994. Application manual for the revised NIOSH lifting equation. NIOSH Publication No. 94-110. Cincinnati: U.S. Department of Health and human services
- Yoon H, Smith JL. 1999. Psychophysical and physiological study of one-handed and two-handed combined tasks. *Int J Ind Ergon*. 24(1): 49-60.